

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU

ZAKLJUČNA PROJEKTNA NALOGA

ŠPELA KRANJEC

Izola, 2015

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU

PREHRANA ASTRONAVTOV
NUTRITION OF ASTRONAUTS

Študent: ŠPELA KRANJEC

Mentor: viš. pred. MOJCA BIZJAK, univ. dipl. inž. živ. teh.

Študijski program: PREHRANSKO SVETOVANJE - DIETETIKA, 1. stopnja

Izola, 2015

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana Špela Kranjec izjavljam, da je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;

- Sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s pravili UP Fakultete za vede o zdravju;
- se zavedam, da je plagiatorstvo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah UL št. 16/2007 (v nadaljevanju ZASP) kaznivo.

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU

Naslov	Prehrana astronautov
Tip dela	Zaključna projektna naloga
Avtor	Kranjec Špela
Sekundarni avtorji	Bizjak Mojca (mentorica)
Institucija	Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju
Naslov institucije	Polje 42, 6310 Izola
Leto	2015
Strani	V, 27 str., 2 pregl., 12 sl., 13 vir.
Ključne besede	Uravnotežena prehrana, astronauti, vesolje, astronautska prehrana
UDK	613.2: 629.78-05
Jezik besedila	Slovenščina
Jezik povzetkov	Slovenščina, angleščina
Izvleček	<p>Naš namen zaključne projektne naloge je bil, s pregledom literature, preučiti prehrano astronautov. Ugotovili smo, da se mora astronautom, ki gredo na misijo v vesolje zagotoviti uravnotežena prehrana, saj se od njih zahteva maksimalne delovne učinke v pravzaprav najbolj neprijaznem okolju, v katerem lahko človek preživi. Za to je potrebna izkušena ekipa znanstvenih delavcev in laboratorij, v katerem poskrbijo za ustrezno določitev prehranskih potreb posameznega astronauta, mu sestavijo paket s hrano, ga spremljajo na misiji v vesolju in ocenijo njegov status po vrnitvi na Zemljo. Ugotovili smo tudi ključne razlike med astronautsko prehrano in prehrano na Zemlji. To so: priprava hrane, način hranjenja, presnova, telesna aktivnost, kontrola prehranskega statusa ter metode pakiranja. Glavni vzrok za to je breztežnost.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

Title	Nutrition of astronauts
Tipe	Final project assignment
Author	Kranjec Špela
Secondary authors	Bizjak Mojca (supervisor)
Institution	University of Primorska, Faculty of Health Sciences
Address	Polje 42, 6310 Izola
Year	2015
Pages	V, 27 p., 2 tab., 12 pic., 13 ref.
Keywords	Balanced diet, astronauts, space, astronaut food
UDC	613.2: 629.78-05
Language	Slv
Abstract language	Slv, eng
Abstract	<p>The purpose for the final project was to review the literature, and study the diet of astronauts. I came to conclusion that balanced food must be provided for astronauts who are going on a mission to space, because the maximum performance is expected of them in one of the least friendly environments known to mankind.</p> <p>For this particular situation a group of experienced scientists and laboratory is needed, where they insure a proper diet for individual astronaut. The scientists put together a package with food for the astronaut, accompany him all the way through the mission in space and evaluate his status after his arrival back on Earth. I found the main differences between astronaut's food and food on Earth, such as: food preparation, way of eating, digestion, physical activity, diet control and packaging methods. The main cause for this is gravity-free environment.</p>

KAZALO VSEBINE

Ključne informacije o delu	I
Key words documentation	II
Kazalo vsebine	III
Kazalo slik	IV
Kazalo preglednic	V
Seznam kratic.....	VI
1 Uvod.....	1
2 Namen in raziskovalno vprašanje	2
3 Metode dela in materiali	3
4 Rezultati	4
4.1 Uvod v prehrano astronautov	4
4.2 Definicija astronautske hrane	5
4.2.1 Klasifikacija astronautske hrane	5
4.3 Potrebe astronauta	9
4.3.1 Potrebe po vitaminih	10
4.3.2 Potrebe po mineralih	10
4.3.3 Markerji splošnega zdravja, biokemičnega statusa in antioksidativnega statusa	
4.3.4 Presnova kosti in kalcija	12
4.3.5 Priporočen dnevni vnos hranil	13
4.4 Telesna aktivnost astronautov	14
4.5 Razvoj prehrane astronautov	16
4.6 Laboratorij za vesoljsko prehrano	16
4.6.1 Vpliv procesiranja živil in dolgotrajnejšega shranjevanja na hranilno vrednost	
4.7 V vesolju	19
4.8 Prazniki	21
4.9 Prihodnost	21
5 Razprava	22
6 Zaključek	23
7 Viri	24
Povzetek.....	25
Summary.....	26
Zahvala.....	27

KAZALO SLIK

Slika 1: Termostabilizirana živila in pijače (NASA, 2015)	7
Slika 2: Živila s srednjo vlažnostjo in hrana v pastah (NASA, 2015)	7
Slika 3: Dehidrirana živila (NASA, 2015)	7
Slika 4: Živila v naravni obliki in začimbe (NASA, 2015).....	8
Slika 5: Vadba z utežmi v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)	14
Slika 6: Vadba na tekaški progi v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)	15
Slika 7: Vadba na sobnem kolesu v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)	15
Slika 8: Sestanek strokovnjakov za razvoj astronautske hrane (NASA, 2015)	18
Slika 9: Pakiranje zelenjave (NASA, 2015).....	18
Slika 10: Kovinski pladenj s priborom in hrano (NASA, 2015).....	19
Slika 11: Astronavti med jedjo (NASA, 2015)	20
Slika 12: Kuhinja na vesoljskem plovilu (NASA, 1999)	20

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovni seznam jedi, ki ga uporabljajo v mednarodni vesoljski postaji.. 8

Preglednica 2: Priporočen dnevni vnos hranilnih snovi 13

SEZNAM KRATIC

CEP	Celodnevne energijske potrebe
ESA	The European Space Agency, Evropska vesoljska agencija
FFQ	Food Frequency Questionnaire, Vprašalnik o pogostosti uživanja živil
MK	Maščobne kisline
NASA	The National Aeronautics and Space Administration, Državna uprava za aeronavtiko in vesolje

1 UVOD

Enako kot na Zemlji sta v vesolju, za preživetje astronautov ključnega pomena hrana in voda. Breztežnost tega ne spremeni. Vpliva pa na to, da prehranjevanje iz preprostega preide v bolj komplicirano (ESA, 2008a).

Ker misija traja daljše obdobje in se astronauti vmes ne vračajo na Zemljo, je potrebno prehrano načrtovati vnaprej. Za izdelavo ustreznega prehranskega načrta je potreben usposobljen strokovnjak. Pri izdelavi prehranskega načrta mora upoštevati spremembe prehranskih potreb, ki se pojavijo ob vstopu v brezgravitacijski prostor (Berdanier in sod., 2014).

Poleg strokovnjaka, ki sestavi prehranski načrt, je potrebna še ekipa strokovnjakov, ki razvije ustrezne prehranske izdelke, obstojne v brezgravitacijskem prostoru. K temu sodi tudi ustrezno pakiranje in shranjevanje. Živila morajo zdržati prehode skozi orbite in imeti dolg rok trajanja. Strokovnjaki morajo poskrbeti tudi, da bo zalogo hrane možno spraviti v vesoljsko plovilo ter da bo hrana pustila čim manj odpada. Poleg vsega tega pa mora biti še okusna, da jo bo astronaut sploh zaužil. (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Potrebni so še strokovnjaki, ki v času med misijo spremljajo prehranski status astronautov in ustrezno ukrepajo, če je to potrebno (Smith in sod., 2005).

Torej je za prehrano astronautov potrebna izkušena ekipa znanstvenih delavcev in laboratorij, v katerem poskrbijo za ustrezno določitev prehranskih potreb posameznega astronauta, mu sestavijo paket s hrano, ga spremljajo na misiji v vesolju in ocenijo njegov status po prihodu nazaj na Zemljo (ESA, 2007).

Poglobili smo se v ta kompleksen pojem astronautske prehrane, ugotovitve pa predstavili v zaključni projektni nalogi.

2 NAMEN IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE

Namen zaključne projektne naloge je s pomočjo pregleda literature preučiti prehrano astronautov.

V slovenski znanstveni in strokovni literaturi je na voljo razmeroma malo informacij o prehrani astronautov, prav tako pa o tej temi skoraj ni govora. Zato je cilj zaključne projektne naloge predstaviti astronautsko hrano, načine predelave živil, primerne za obstojnost hrane pri poletih v vesolje, način prehranjevanja ter prehranske potrebe astronautov v vesolju.

Ključno raziskovalno vprašanje je, ali se prehrana in prehranske potrebe astronautov v vesolju razlikujejo od prehrane na Zemlji.

3 METODE DELA IN MATERIALI

V diplomskem delu so uporabljene opisne (deskriptivne) metode dela:

- deskripcija oz. opisovanje dejstev, procesov in pojavov,
- klasifikacija oz. definiranje določenih pojmov,
- komparacija oz. primerjava različnih raziskav in ugotovitev v člankih,
- kompilacija oz. povzemanje opazovanj, stališč, sklepov in rezultatov drugih avtorjev,
- kvalitativna analiza (uporaba logičnega sklepanja na temelju splošnih znanj in teorij).

Zaradi specifičnosti teme, smo bili omejeni z dostopnostjo do podatkov. Knjig in publikacij je malo. Kontaktirali smo tudi nekaj strokovnjakov s tega področja, vendar nihče ni mogel pomagati. Večina jih je bila ali prezasedena ali pa so dejali, da so vsi podatki podani na internetu.

Pri iskanju smo uporabili baze podatkov, dostopne na UP Fakulteti za vede o zdravju (Wiley Online Library in Science Direct) ter internetne vire. Pri iskanju literature smo uporabili ključne besede: astronaut food, eating in space, space food, NASA, ESA, what do astronauts eat, food in space. V pregled literature smo vključili dostopne članke s polnim besedilom.

4 REZULTATI

4.1 Uvod v prehrano astronautov

Za vsako fizično in psihično aktivnost je potrebna energija. To se pridobi s hrano. Hrano sestavljajo predvsem ogljikovi hidrati, maščobe in beljakovine. Kot energija se uporabijo večinoma ogljikovi hidrati in maščobe, medtem ko so beljakovine predvsem gradniki telesa. Poleg energije telo potrebuje še vitamine in minerale, ki so pomembni za obnovo in sodelujejo pri kemijskih reakcijah v telesu. Hrana se neposredno ne more uporabiti kot energija, pač pa jo mora telo najprej prebaviti. Prebava se začne v ustih in poteka skozi prebavno cev, kjer se odvijajo številni kemijski in mehanski procesi. Zelo pomemben mehanski proces je peristaltika, katera omogoča potovanje prežvečene hrane tudi v odsotnosti gravitacije. Sodelujejo še slina, prebavni encimi in prebavni sokovi. Pri tem se ogljikovi hidrati razgradijo na enostavne sladkorje, beljakovine na aminokisline, maščobe pa na maščobne kisline in glicerol. Skupaj z vitamini, minerali in vodo se te enostavne molekule absorbirajo v krvni obtok ter transportirajo na potrebna mesta. Ko telo privzame vsa hranila, ki jih potrebuje, se odpadni produkti z blatom izločijo iz telesa (NASA, 1999; ESA, 2008a; ESA, 2008b).

V povprečju potrebuje odrasel moški 10500 kJ (2500 kcal) na dan, odrasla ženska pa 8400 kJ (2000 kcal) energije na dan. Od tega se večina porabi za bazalno presnovo. Preostala energija se porabi za delo. Več dela kot organizem opravi, več energije potrebuje (NASA, 1999; ESA, 2008a; ESA, 2008b).

Astronavtom, ki gredo na misijo v vesolje, se mora zagotoviti uravnotežena prehrana, saj se od njih zahteva maksimalne delovne učinke v pravzaprav najbolj neprijaznem okolju, v katerem lahko človek preživi. Napačna ocena prehranskih potreb bi lahko ogrozila njihovo zdravje in vodila v utrujenost, mišično atrofijo ter kardiovaskularne težave (NASA, 1999; ESA, 2008a). Z raznoliko prehrano preprečijo, da bi uživanje hrane postalo dolgočasno in enolično, kar v bistvu pri standardiziranih dehidriranih obrokih predstavlja veliko nevarnost. Enolična prehrana lahko privede do pomanjkanja apetita in posledičnega znižanja telesne mase. Pomembna je tudi kakovost hrane, in sicer z vidika hranilne vrednosti, sestave esencialnih hranil, roka trajanja in mikrobiološke varnosti (Berdanier in sod., 2014).

Hrana je, poleg tega da je ključnega pomena za vse življenjske procese, zelo pomembna še iz psihološkega vidika. Velik vpliv ima v družbenem življenju in je praktično najstarejši običaj druženja. Prav tako vsak astronaut na misiji potrebuje druženje. Ker pa so vesoljske postaje tako velike, da se astronauti čez dan sploh ne vidijo, so ravno obedovanje postavili za družabni dogodek v dnevu. Določili so čas za večerjo, ko se celotna posadka zbere v jedilnici in skupaj povečerjajo. Vse to vpliva na povezanost skupine (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Velikega pomena ima za astronauta lastna izbira hrane, ki jo bo imel na jedilniku tekom misije v vesolju. Izbira lahko hrano, ki jo ima rad in ki izhaja iz njegove kulture. V preteklosti ta izbira ni bila mogoča. Na voljo so bile le kocke hladne, dehidrirane hrane, ki so jo rehidrirali z vplivom lastne slin; ter brezokusne paste, zapakirane v tube, iz

katerih so si hrano iztiskali direktno v usta. Hrana je bila dobesedno dokaz njihovega pionirskega duha. Kakovost hrane se je izboljšala po letu 1970. Na voljo je bila vroča voda za rehidracijo hrane. Hrana je bila okusnejša. Tako so astronauti lahko prvič uživali v hrani tudi v vesolju. Dandanes je astronautom na voljo celo hrana, pripravljena od najbolj priznanih kuharjev. Na voljo imajo posebne obroke za praznovanje novega leta, rojstnih dni in prihodov novih članov ekipe. Astronavt si tako pred odhodom sam izbere katera hrana mu ugaja. Na podlagi tega ter na podlagi uravnotežene prehrane, se mu sestavi meni, ki ga bo odnesel s sabo v vesolje. Včasih zaradi potreb po uravnoteženi prehrani dobijo v svojem paketu tudi hrano, ki je ne marajo (NASA, 1999; ESA, 2008a).

4.2 Definicija astronautske hrane

Astronautska hrana je vrsta predelanih živil, posebno ustvarjenih za namen prehranjevanja astronautov v vesolju. Zadostiti mora zahtevam uravnotežene prehrane za optimalno prehranjevanje in zdravje astronautov, hkrati pa mora biti še enostavna in varna za shranjevanje, pripravo in uživanje v brezgravitacijskem okolju vesoljske ladje v vesolju. Astronautska hrana predstavlja širok izbor hrane in pijače, čeprav je bila prvotna ideja znanstvenikov formula v obliki praška, ki bi zadostila vsem prehranskim potrebam astronauta (NASA, 1999).

Preden razvite prehranske izdelke namenijo prehrani astronautov, morajo le-ti zadostiti številnim kriterijem. Biti morajo fiziološko ustrezni, še posebej hranilni, lahko prebavljivi in okusni. Poleg tega morajo biti v obliki, ki se jo lahko uporablja v breztežnostnem prostoru. To pomeni lahki, dobro zapakirani, da se jih da hitro servirati, ne smejo zahtevati veliko čiščenja in ne smejo pustiti veliko odpadka (NASA, 1999).

V vesolju niso zaželeni gazirane pijače, saj se zaradi breztežnosti tekočina in plini v želodcu ne ločijo in spahujejo kot nekakšno bruhanje (NASA, 1999).

4.2.1 Klasifikacija astronautske hrane

Vse razvite prehranske izdelke so strokovnjaki iz laboratorija za prehrano astronautov razvrstili v naslednje kategorije:

Pijače: globoko zamrznjene (liofilizirane) mešanice pijač (čaj, kava), aromatizirane pijače (limonada, pomarančni sok); katerim se lahko doda smetana ali sladkor v prahu. Prazne plastenke se uporabijo za vodo.

Sveža živila: sveže sadje in zelenjava, tortilje. Sveža živila dostavijo med pošilkami svežih zalog, z večnamenskim transportnim modulom (MPLM). Ta živila se hitro pokvarijo, zato jih je potrebno pojesti najkasneje v dveh dneh po dostavi.

Obsevana živila: Živilo skuhamo, zapakiramo v fleksibilne vrečke iz folije in steriliziramo z ionizirajočim sevanjem, tako da se taka živila lahko hrani pri sobni temperaturi. Trenutno uporabljajo samo goveje zrezke in dimljenega purana.

Živila s srednjo vlažnostjo: To so živila, ki še vedno vsebujejo določeno vsebnost vode, vendar ravno toliko, da se ne pokvarijo takoj. So delno sušena. Astronavti jih lahko zaužijejo brez predhodne priprave. Sem sodijo delno sušene breskve, marelice, hruške, goveje ploščice ipd.

Živila v naravni obliki: To so živila, ki se hranijo pri sobni temperaturi, kot so oreščki, piškoti, energijske ploščice.

Dehidrirana živila: Živila, ki jim je bila odvzeta voda (s sušenjem na vročini, z osmotskim sušenjem ali z liofilizacijo) z namenom ohranjanja uporabnosti. Dehidracija lahko poteče naravno, v vročem okolju, ali pa z liofilizacijo v mrzlem okolju, torej s hitrim zamrzovanjem. Postopek liofilizacije v vesoljskem programu vključuje rezanje, seklanje ali utekočinjanje pripravljene hrane z namenom, da se zmanjša čas priprave. Po kuhanju ali predelavi hrano hitro zamrznejo in postavijo na sušilne pladnje, te pa v vakumsko komoro, kjer je nižji zračni tlak. Preko sušilnih pladnjev se prevaja toplota. V ustvarjenih pogojih ledeni kristali v zamrznjeni hrani izparijo. Vodna para se s pomočjo hladilnih plošč kondenzira nazaj v led. Ker je voda edina snov, ki se jo odstrani, tako predelana živila obdržijo vonj in okus. Taka živila se pred uporabo ponovno rehidrira in sicer tako, da se skozi tulec, nameščen na vrečki, vbrizga voda. Vrečka ima na drugi strani kot nekakšno zadrgo, ki jo astronaut odpre in z žlico poje obrok v njej. Ko astronaut dokonča svoj obrok, v vrečko vstavi dezinfekcijsko tableto, ki prepreči rast mikroorganizmov na ostankih. Prednosti dehidriranja živil so predvsem manjša masa in volumen, dolgotrajnejši rok uporabnosti in boljša ohranitev okusa in teksture.

Termostabilizirana živila: S segrevanjem živila se uniči patogene, mikroorganizme in encime, ki lahko pokvarijo živilo. Pri tem voda ni odstranjena iz živila. Za shranjevanje termostabiliziranih živil se uporabljajo fleksibilne vrečke iz plastike in aluminija ali pa pločevinke s snemljivim pokrovom. Slabost shranjevanja živil v pločevinkah je štirikrat večja masa izdelka v primerjavi z dehidriranimi žibili.

Krušni izdelki s podaljšanim rokom uporabnosti: kolači, vaflji in žemljice, z rokom uporabnosti tudi do 18 mesecev.

Začimbe nimajo posebne klasifikacije in se jih poimenuje po imenu: sol v tekoči obliki, oljnati poper v tubi, majoneza, kečap in gorčica (NASA, 1999).

Na slikah 1, 2, 3 in 4 so predstavljeni zgoraj omenjeni razviti prehranski izdelki, namenjeni prehranjevanju astronautov.



Slika 1: Termostabilizirana živila in pijače (NASA, 2015)



Slika 2: Živila s srednjo vlažnostjo in hrana v pastah (NASA, 2015)



Slika 3: Dehidrirana živila (NASA, 2015)



Slika 4: Živila v naravni obliki in začimbe (NASA, 2015)

V preglednici 1 je prikazan osnovni seznam jedi, ki ga uporabljajo v mednarodni vesoljski postaji.

Preglednica 1: Osnovni seznam jedi, ki ga uporabljajo v mednarodni vesoljski postaji (Smith in sod., 2005)

SKUPINA ŽIVIL	ŽIVILA	KLASIFIKACIJA
Kruh	Toast	Termostabilizirana živila
Žitarice	Musli	Termostabilizirana živila
Predjedi	Goveji kari	Termostabilizirana živila
	Dušena telečja lička v vinski	Termostabilizirana živila
	Piščančji kari	Termostabilizirana živila
	Račja prsa	Termostabilizirana živila
	Skuša z miso omako	Termostabilizirana živila
	Skuša s teriaki omako	Termostabilizirana živila
	Omleta	Termostabilizirana živila
	Svinjski kari	Termostabilizirana živila
	Rezanci s kari omako	Dehidrirana živila
	Rezanci z omako iz morskih	Dehidrirana živila
	Rezanci s sojino omako	Dehidrirana živila
	V limoni kandiran losos	Termostabilizirana živila
	Sardine v paradižnikovi	Termostabilizirana živila
	Piščančji zrezki	Termostabilizirana živila
	Pekoč piščanec z zelenjavo	Termostabilizirana živila
	Mečarica	Termostabilizirana živila
Prigrizki in slaščice	Karamelini bonboni	Živila v naravni obliki
	Sirova torta	Termostabilizirana živila
	Truffli	Termostabilizirana živila
	Pepermint bonboni	Živila v naravni obliki
	Čokoladna torta	Termostabilizirana živila

SKUPINA ŽIVIL	ŽIVILA	KLASIFIKACIJA
	Zdrobova torta s suhimi	Termostabilizirana živila
	Oreščki	Termostabilizirana živila
Stročnice	Kuhan rjavi in beli fižol	Dehidrirana živila
	Kuhan rdeči fižol	Dehidrirana živila
Zelenjava	Korenje	Termostabilizirana živila
	Pire iz gomoljne zelene	Termostabilizirana živila
Omake	Majoneza	Termostabilizirana živila
	Ketchup	Termostabilizirana živila

4.3 Potrebe astronauta

Vpliv daljših vesoljskih poletov na prehranski status še ni dobro raziskan. V 20. letih, ko se je trajanje misij podaljšalo, so uvedli protokol prehranske ocene. Namen tega je bil zagotoviti dober prehranski status astronautov. Tako so skozi celo misijo nadzorovali njihov prehranski status in prehranski vnos ter ob koncu misije vsako pomanjkanje rehabilitacijsko obravnavali. Ocena prehranskega statusa vključuje antropometrične, biokemične in klinične meritve. Spremljanje vnosa hrane astronautov je zelo zahtevno in dolgotrajno. Zahteva skeniranje črtnih kod na živilih, ročno beleženje zaužite hrane, nalaganje datotek z informacijami in uporabo vprašalnika o pogostosti uživanja posameznih živil (FFQ vprašalniki). FFQ vprašalniki, ki se uporabljajo za astronave, so nekoliko drugačni. Imajo nekaj prednosti: seznam hrane vključen v vprašalnik je omejen le na hrano, ki jo imajo astronauti v njihovih paketih. Cikel menija se ponavlja na vsake 16 dni, zato si astronauti lažje priključijo v spomin zaužito hrano, še posebno po nekaj tednov trajajočem poletu. Znale so tudi količine porcij, saj so živila pakirana po posameznih obrokih. Prav tako pa tudi hranilna sestava samega obroka. Oceno prehranskega statusa izvedejo pred poletom in na koncu le-tega. Celovita ocena prehranskega profila je bila razvita v sodelovanju z zunanjimi strokovnjaki in vključuje indikatorje za oceno nivoja vitaminov, mineralov, markerjev splošnega zdravja, biokemičnega statusa, antioksidativnega statusa ter presnove kosti in kalcija. Za to so potrebni: dva vzorca krvi, vzeta na tešče in zbirni 48-urni urin, pred poletom; vzorec krvi in zbirni 48-urni urin po pristanku; ter vzorec krvi in zbirni 48-urni urin po 30 dneh poleta (Berdanier in sod., 2014).

Ni pa pomembno samo koliko in kaj jedo, pač pa tudi kdaj jedo. Pravilni čas lahko izboljša astronautovo zmogljivost. Pri tem je načrtovanje časa hranjenja podobna načrtovanju hranjenja pri športnikih (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Breztežnost lahko moti prebavne procese. Le to pa lahko povzroči zaprtje, prebavne težave in pomanjkanje apetita. Zaradi prebavnih težav astronauti zaužijejo manjši energijski vnos od priporočenega. Pravzaprav znaša energijski vnos astronautov le 60 do 70 % priporočenega energijskega vnosa (ESA, 2008b). Rezultati raziskave, ki so jo opravili Smith in sod. (2005), pa so pokazali, da je dnevni vnos energije astronautov 9563 ± 2625 kJ (2284 ± 626 kcal), kar znaša 80 ± 21 % zaužite energije po priporočilih.

Astronavtska hrana mora vsebovati malo vlaknin, saj je od njih odvisna količina fekalij, ki mora biti čim manjša (NASA, 1999).

Za boljše razumevanje sprememb prehranskega statusa med bivanjem v vesolju so bile opravljene številne raziskave. Vse nakazujejo na znižan hematokrit, serumsko železo, koncentracijo rdečih krvničk (kar kaže na oksidativne poškodbe) in nasičenost feritina, ter povišan serumske feritin. Količina beljakovin ostane nespremenjena, kar dokazuje, da spremembe v presnovi železa niso posledica vnetnega odziva (Smith in sod., 2005).

Vsi ti podatki nakazujejo, da med glavne skrbi, kar se prehranskega statusa tiče, med vesoljskim poletom, sodijo izguba kostne mase, pomanjkanje vitamina D in oksidativne poškodbe (Smith in sod., 2005).

4.3.1 Potrebe po vitaminih

Velik poudarek pri astronautih dajejo vitaminu D. Naše telo ga tvori ob izpostavljenosti soncu. Ker pa so vesoljska plovila zaščitena pred radiacijo in sončno svetlobo, astronauti ne morejo sintetizirati tega vitamina. S spremljanjem prehranskega statusa astronautov strokovnjaki v laboratoriju za astronautsko prehrano ugotavljajo ob koncu misij približno 25 % znižanje vitamina D v primerjavi s količino, ki jo izmerijo pred začetkom misije. Zato se astronautom dodaja prehranska dopolnila, s približno 800 mednarodnih enot vitamina D na dan (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Opazne so spremembe vida. Povezane so z izgubo tekočin in povišanim pritiskom v glavi. Vzrok naj bi bil povezan s folati, vitaminom B6 in vitaminom B12. Pri vseh astronautih, ki se soočajo s težavami vida, so izmerjene višje koncentracije homocisteina, 2-metilcitrične kisline, cistationina in metilmalonske kisline. Poleg tega je moč izmeriti še nižje koncentracije folatov v serumu. Vse to vodi v tveganje za vaskularna obolenja, kot so kap in migrene ter celo povečano tveganje za dekompresijske bolezni (mehurčki v tkivih ali krvnem obtoku) (NASA, 2013; Berdanier in sod., 2014).

Presenetljivo višje so koncentracije retinil palmitita (ena izmed oblik vitamina A). Koncentracija serumskega γ -tokoferola se med misijo zniža za približno 46 %, medtem ko koncentracija α -tokoferola ostane nespremenjena (tokoferol = vitamin E). Koncentracija vitamina K se zniža za približno 42 % (NASA, 1999; ESA, 2008a).

4.3.2 Potrebe po mineralih

Eden izmed zelo pomembnih elementov v našem telesu je železo. Vključen je v številne celične procese. Sodeluje pri vezavi kisika, elektronskemu transportu in služi kot kofaktor več stotim encimom. Pomanjkanje železa lahko povzroči ireverzibilne posledice, njegov presežek pa je toksičen. Povzroči lahko še kardiovaskularna obolenja, raka, okvari imunski sistem in presnovo kosti ter povečuje občutljivost na radiacijske poškodbe. Železo se lahko sprošča iz beljakovine feritina med oksidativnim stresom ali izpostavljenosti sevanju, temu dvojemu pa so astronauti v vesolju močno izpostavljeni.

Ravno zaradi tega je vzdrževanje homeostaze železa zelo velikega pomena za zdravje astronautov. Splošno je znano, da je med poletom homeostaza železa spremenjena. Zmanjšana masa rdečih krvničk, povišan feritin v serumu, zmanjšani transferinski receptorji in povišano železo v serumu nakazujejo povečano zalogo železa med letom. Poleg tega na povečano razpoložljivost železa vpliva še z železom obogatena vesoljska hrana. Tako astronaut dobi 20 +/- 6 mg železa na dan. Priporočilo pa je 8 do 10 mg železa na dan (Smith in sod., 2005; ESA, 2008a; Berdanier in sod., 2014).

Natrij je elektrolit, ki ima v našem telesu zelo pomembno vlogo. Sodeluje pri prenosu električnih signalov med celicami. Predvsem pa je bistvena sestavina živčevja, saj stimulira mišično krčenje. Skupaj s kalijem pomaga preko osmoze vzdrževati raven vode in krvni tlak. Prav tako ima vlogo pri vzdrževanju kislinско-bazičnega ravnovesja v telesu. Breztežnost povzroči aktivacijo natrijevih ohranitvenih ionov in povzroči pozitivno natrijevo bilanco. Ravno zaradi tega je vnos natrija pri astronautih skrbno nadzorovan (ESA, 2008b). Med poletom naj bi bil tak kot na Zemlji, med 4 in 5 g na dan. Vendar pa je kljub vsemu astronautska hrana obogatena s soljo. V vesolju se astronautom namreč spremenita okus in vonj, ravno sol pa je tista, ki izboljša okus. Tako njihov vnos ne znaša manj kot 4,5 g na dan, oziroma je pri nekaterih opažen vnos celo 10 – 12 g na dan. Take količine pa že predstavljajo tveganje za nastanek hipertenzije (visok krvni tlak), še bolj pa vplivajo na zdravje kosti in ledvic. Prav zato je namen ekipe, ki skrbi za prehrano astronautov, vnos natrija zmanjšati na 3 do 4 g na dan (NASA, 1999; Smith in sod., 2005; ESA, 2008a; NASA, 2013).

Koncentracija joda v urinu se po misiji ne spremeni. Najbrž zaradi pitja jodirane vode nekaj dni pred povratkom na Zemljo. Serumska koncentracija selena se zniža. Prav tako se za približno 44 % znižajo koncentracije magnezija v urinu in za 46 % koncentracije fosforja. Nekaterim astronautom je moč izmeriti koncentracije magnezija celo pod najnižjo klinično mejo. Nižja je tudi serumska koncentracija cinka. Kalcij v urinu se ne spreminja, se pa zniža koncentracija kalcija v krvi in to celo pod spodnjo klinično mejo (Smith in sod., 2005).

4.3.3 Markerji splošnega zdravja, biokemičnega statusa in antioksidativnega statusa

Tekočinska in elektrolitska homeostaza sta v vesolju precej spremenjeni. Ob vstopu v vesolje človek izgubi tekočino, z diarejo in dehidracijo. Že kmalu po vstopu je opaziti zmanjšanje volumna plazme in zunajcelične tekočine, ki ju spremljajo značilno napihnjeni obrazi. Sprva je zmanjšanje volumna plazme (17 %) večje od zmanjšanja zunajcelične tekočine (10 %). Ko pa se telo enkrat prilagodi na breztežnost, se zunajcelična tekočina zmanjša med prvim dnevom in osmim do dvanajstim dnevom poleta, medtem ko volumen plazme ostane nekje med 10 in 15 % nižji od volumna pred vzletom in se ne spreminja niti pri zelo dolгих poletih (Berdanier in sod., 2014).

Še eden izmed stranskih učinkov breztežnosti je ta, da je arterijski krvni tlak enak po celem telesu. Medtem, ko bi bil v stoječem položaju arterijski tlak v gležnjih višji kot v glavi, se to v vesolju ne bi zgodilo. Posledica visokega tlaka v glavi je sindrom zabuhlega obraza. Astronavti lahko trpijo zaradi vnetja sinusov ali zamašenih nosov. To pa vpliva na njihov vonj in posledično na občutek za okušanje hrane (ESA, 2007).

Prilagoditev breztežnosti nakazujeta tudi premik beljakovin in tekočine v ekstravaskularno območje. Po nekaj dneh se nekaj ekstravaskularnih albuminov presnovi in pride do zmanjšanja osmotskega tlaka. Posledica tega je zmanjšanje volumna zunajcelične tekočine in povišanje volumna plazme. Ta izguba zunajceličnih beljakovin, povzroči ortostatsko intoleranco. Gre za težave ob vstajanju zaradi manjšega pretoka krvi skozi možgane, kar se lahko kaže z vrtoglavico, motnjami vida, slabostjo ali celo izgubo zavesti. Poraba vode med misijami je manjša kot pred vzletom, verjetno zaradi zmanjšanja telesne dejavnosti in zmanjšane vnosa tekočin. Raziskave, opravljene v laboratoriju za astronautsko prehrano, so pokazale približno 1 % zmanjšanje celotne vode v telesu med misijami. Delež telesne mase, ki ga predstavlja voda, pa ostaja nespremenjen. Še vseeno pa morajo astronautom količino tekočine skrbno nadzorovati zaradi daljše izpostavljenosti višjim temperaturam. Po dosedaj opravljenih raziskavah znaša vnos beljakovin 102 ± 29 g na dan (Smith in sod., 2005; NASA, 2013; Berdanier in sod., 2014).

Polet v vesolje poveča tveganje za nastanek oksidativnih poškodb celic, saj vesolje vsebuje nekaj povzročiteljev oksidativnega stresa, kot so visoko sevanje, hiperoksični pogoji (100% kisik) med dejavnostmi zunaj vesoljske ladje, telovadba in stres. Zaenkrat pa žal še ni dovolj podatkov, ki bi potrdili pozitiven vpliv tovrstnih dodatkov. Nekateri astronauti se samostojno odločijo za jemanje multivitaminskih dodatkov (Berdanier in sod., 2014).

Ob povratku iz misij je opaziti tudi poškodbe DNK. Zmanjša se koncentracija rdečih krvničk, kar kaže na zmanjšano antioksidativno sposobnost med letom. Kreatinin, pH, serumski holesterol, triacilglicerol in pH krvi se ne spreminjajo (Smith in sod., 2005).

4.3.4 Presnova kosti in kalcija

Ustrezna prehrana je prav tako pomembna pri ohranjanju zdravih kosti in mišic. Preveč ali premalo nekega hranila lahko škoduje mišično-skeletnemu sistemu. Na primer, energijski primanjkljaj na splošno negativno vpliva na sintezo beljakovin, pomanjkanje beljakovin pa negativno vpliva na kosti. Raziskave dokazujejo zmanjšano vsebnost mineralov v kosteh in kostne mineralne gostote ob povratku iz vesolja. Ne spremenita pa se pusta in maščobna telesna masa. Za ohranjanje zdravih kosti je ključnega pomena kalcij. Med poletom se resorpcija kosti poviša, kar vodi v povišan nivo kalcija v urinu. Raziskave kažejo, da kostne izgube niso enake po celem telesu. Podatki kažejo tudi, da z dodajanjem kalcija med poletom ne bomo preprečili kostnih izgub, kajti absorpcija kalcija je v vesolju nižja kot na Zemlji. Podatki ne dokazujejo kakršnihkoli sprememb v vrednostih vitamina K med poletom, zato se le-tega ne dodaja. Preučevali so tudi vpliv natrija na kislinsko-bazično ravnovesje in kostno resorpcijo. Ugotovili so, da visok vnos natrija poslabšuje kostno resorpcijo. Preučili so še vpliv spremenjenega razmerja med vnosom kislih in bazičnih živil na kostni metabolizem. Dokazali so, da prehrana z več kislimi živilimi vpliva na večjo kostno resorpcijo. Po podatkih dnevni vnos kalcija znaša 1068 ± 384 mg (Smith in sod., 2005; NASA, 2013; Berdanier in sod., 2014).

4.3.5 Priporočen dnevni vnos hranil

V preglednici 2 so podana priporočila za vnos hranil. Za optimalno doseganje rezultatov, je za astronavte, ključnega pomena, da jih upoštevajo.

Preglednica 2: Priporočen dnevni vnos hranilnih snovi (Smith in sod., 2005)

Legenda:

CEP: celodnevne energijske potrebe;

MK: maščobne kisline.

HRANILNA SNOV	PRIPOROČEN DNEVNI VNOS
Beljakovine (g/kg telesne mase)	0,8 (2/3 živalskega, 1/3 rastl. izvora)
Ogljikovi hidrati (% CEP)	50 – 55
Maščobe (% CEP)	25 – 35
Omega-6 MK (g)	14
Omega-3 MK (g)	1, 1 – 1, 6
Nasičene maščobe (% CEP)	≤ 7
Trans MK (% CEP)	≤ 1
Holesterol (mg/dan)	≤ 300
Vlaknine (g/ 4187kJ)	10 – 14
Voda (ml)	≥ 2000
Vitamin A (μg)	700 – 900
Vitamin D (μg)	25
Vitamin K (μg)	Ženske: 90, moški: 120
Vitamin E (mg)	15
Vitamin B12 (μg)	2, 4
Vitamin C (mg)	90
Vitamin B6 (mg)	1, 7
Tiamin (μmol)	Ženske: 1, 1, moški: 1, 2
Riboflavin (mg)	1, 3
Folati (μg)	400
Niacin (mg)	16
Biotin (μg)	30
Pantotenska kislina (mg)	30
Kalcij (mg)	1200 – 2000
Fosfor (mg)	700 in $\leq 1, 5 \times$ vnos kalcija
Magnezij (mg)	Ženske: 320, moški: 420
Natrij (mg)	1500 – 2300
Kalij (g)	4, 7
Železo (mg)	8 – 10
Cink (mg)	11
Selen (μg)	55 – 400
Jod (μg)	150

4.4 Telesna aktivnost astronautov

Da preprečijo mišično atrofijo, ki je posledica odsotnosti gravitacije, morajo astronauti redno telovaditi. In čeprav je v vesolju odsotna gravitacija, ostali zakoni fizike še vseeno držijo. Torej so v vesolju telovadba in druga dela še kako zahtevna (ESA, 2007).

Astronavti pred odhodom v vesolje dobijo predpisane specifične vaje, ki jih morajo izvajati. Posadki sta predpisani 2,5 uri telovadbe na dan, kamor sodita tudi čas za pripravo in osebno higieno. Za aerobno vadbo lahko izberejo kolo ali tekalno stezo, ki sta prikazani na slikah 6 in 7, izvajati pa jo morajo vsaj šest dni v tednu po 30 minut. Vaje za moč so ravno tako predpisane šestkrat na teden, izvajajo pa lahko počepe, dvigovanje pet ali vaje z utežmi. Slednje so prikazane na sliki 5. Z ustrezno vadbo in prehrano bi zmanjšali izgubo kostne mase, vendar je problem v tem, ker astronauti ne zaužijejo 100 % priporočene dnevne energijske vrednosti (ESA, 2008a; Smith in sod., 2012).



Slika 5: Vadba z utežmi v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)



Slika 6: Vadba na tekaški progi v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)



Slika 7: Vadba na sobnem kolesu v vesoljskem plovilu (ESA, 2008a)

4.5 Razvoj prehrane astronautov

Med leti 1961 in 1963 za podorbitalne polete sploh niso potrebovali hrane, prav tako pa tudi niso trošili veliko vode. Prvi, ki je med orbitalnim poletom zaužil kaj hrane je bil J. Glenn, leta 1967 in sicer jabolčno čežano iz tube. Eden izmed problemov, poleg tega da je bila hrana iz tube neokusna, je bil tudi ta, da je sama embalaža tehtala več kot njena vsebina. Kasneje so jedli koščke visokoenergijskih ploščic, ki so bile mešanica beljakovin, maščob in sladkorja iz sadja ali oreščkov. Ker so bili leti kratki, obstojnost izdelkov ni predstavljala težav. Astronavtom je bilo že takrat predpisanih 10500 kJ (2500 kcal) energijskega vnosa dnevno. Med leti 1968 in 1972 so začeli uporabljati vodo, pridobljeno kot stranski produkt pri generiranju elektrike. S tem so začeli uporabljati dehidrirane jedi, ki so jih z vodo lahko rehidrirali. Hrana je bila pakirana v vrečke ali pločevinke. Tako pakiranje je živila ščitilo pred vlago, izgubo okusa in kvarjenjem. Dehidracija je tudi najboljši način kako obdržati videz živila, kot tudi barvo, okus, obliko in teksturo. Uporabljati so že začeli jedilni pribor. Po letu 1972 je bila opravljena široka raziskava, ki je še danes osnova prehranjevanja v vesolju. Preizkusili so 37 jedi. Jedem so začeli podaljševati rok uporabnosti. Dosegli so, da je hrana zdržala celo do temperature 54 °C. Uporabljali so že hladilnike, zamrzovalnike in grelce. Po letu 1981 so astronauti lahko izbirali že med 150 različnimi jedmi. Hrana je ustrezala standardom. Vse to pa zadostuje za bivanje v vesolju do največ 6 mesecev, torej za polete okrog Zemlje in na Luno. Bolj komplicirane bodo misije na Mars ali druge planete našega osončja, ki bodo trajale več let. Glavne probleme bodo predstavljali izguba mišične in kostne mase, pomanjkanje vitamina D in preveč oksidantov. Prav tako ne bodo zadostovale dehidrirane in zamrznjene jedi. Potrebno bo pridelovanje hrane v vesoljski postaji. Ta pridelana hrana pa bo morala biti povsem varna, saj si astronauti ne morejo privoščiti trebušnih bolezni. Potrebno bo recikliranje vode in drugih odpadkov. Prav tako pa tudi zagotoviti dovolj kisika. S takim načinom prehranjevanja pa vesoljske agencije nimajo še nobenih izkušenj (NASA, 1999; Kerwin, 2002; Lane in sod., 2002).

4.6 Laboratorij za vesoljsko prehrano

Gre za večnamenski laboratorij, odgovoren za prehrano astronautov. Nahaja se v centru Johnson Space in Houston v Teksasu. V tem laboratoriju načrtujejo, razvijajo, ocenjujejo in proizvajajo vesoljsko hrano, menije, pakiranja in pomožno opremo. Razdeljen je na različne oddelke, in sicer oddelek za razvoj izdelkov, oddelek za konzerviranje hrane, oddelek za senzorično ocenjevanje, oddelek za načrtovanje menija, oddelek za dehidriranje hrane, oddelek za zamrzovanje, oddelek za pakiranje hrane, oddelek za oblikovanje in izdelavo embalaže, ter oddelek za fizično testiranje paketov in materialov iz katerih so narejeni (NASA, 2013; NASA, 2015).

V vesolje je potrebno vzeti velike zaloge hrane. Torej morajo v laboratoriju poskrbeti ne samo za to, da je njihova prehrana uravnotežena inokusna, pač pa morajo upoštevati tudi koliko prostora določena hrana zavzame ter koliko prostora bodo zavzeli ostanki. Na primer, nikoli ne boš pojedel cele piščančje noge, saj bodo ostale kosti, ali pa cele breskve, pri kateri bo ostala koščica (ESA, 2008a; ESA, 2008b).

Pri razvoju izdelka za prehrano v vesolju, kar lahko vidimo na sliki 8, je potrebno upoštevati maso, volumen, rok trajanja, rabo vode ter količino odpadkov. Vsakršna neučinkovita raba sredstev zmanjša možnost za uspeh misije. S tem razlogom so bile narejene spremembe pri različnih izdelkih in pri uporabi materialov za embalažo in hranjenje. Tako so na primer zamenjali trde plastične žlice z bolj prožnimi, upogljivimi žlicami, toge konzerve in pločevinke z aluminijastimi vrečkami in drugo. Vse te spremembe so zmanjšale maso in volumen samega izdelka. Aluminijaste vrečke se uporabljajo za liofilizirana živila in živila v naravni obliki. Tako pakiranje omogoča tudi vizualni pregled izdelka. Material je možno tudi segrevati, ne da bi se pri tem kakorkoli poškodoval. Imajo pa tovrstne vrečke tudi slabost, saj zaradi premalo kisika in slabše prepreke pred vlago, hrana v njih ne more zdržati več kot 18 mesecev. Kot boljše tesnilo proti vlagi uporabljajo dodatno plast, v obliki neprosojne folije. Vsa embalaža, namenjena izdelkom za prehrano v vesolju je oblikovana tako, da omogoča enkratno serviranje obroka. Poleg tega je odporna na visoke temperature, ki so v vesolju. Količina hrane, vključno z embalažo znaša dnevno 1,8 kg na astronauta. Vsa embalaža pa pušča velike količine odpadkov (Kerwin, 2002).

Na oddelku za konzerviranje hrane uporabljajo dve metodi za podaljšanje obstojnosti hrane. To sta sterilizacija, pri kateri živilo segrejejo na 121 °C v zaprti pločevinki in dehidracija, pri kateri se odstrani voda, kar ovira razvoj mikroorganizmov ter zmanjša volumen hrane. Pri tem se določena količina vitaminov in mineralov izgubi, vendar znanstveniki poskrbijo, da se izgubljena količina nadomesti s prehranskimi dopolnili. Astronavtom pa se ni potrebno zanašati samo na konzervirano hrano. Občasno jim strokovnjaki, odgovorni za misijo v vesolju, zagotovijo pošiljko novih zalog, ki med drugim vsebuje tudi sveža živila. Na sliki 9 je prikazan eden izmed postopkov procesiranja hrane (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Glavna razlika med hrano na Zemlji in hrano v vesolju je v metodah pakiranja. Hrana v vesolju mora biti ustrezno zapakirana, da ne leti prosto po postaji, saj bi se na ta način lahko izgubila in povzročila resne probleme ne le napravam, pač pa tudi zdravju astronautov. Zaradi tega morata biti tudi sol in poper v tekoči obliki. Vendar, ker pa lahko tekočine prav tako lebdijo, le-te pretvorijo v praške in zapakirajo v stisljive posode. Te potem astronauti tik pred uporabo rehidrirajo, tako da jim dodajo vodo, ter popijejo s slamico (NASA, 1999; ESA, 2008a).

Pred vzletom se vsak član posadke udeleži poskušanja vseh živil, ki so na voljo. Tako si vsak izbere jedi, ki so mu všeč in določi jedi, ki jih ne mara. Dietetik nato na podlagi njegovih želj napiše jedilnik, ki ustreza prehranskim potrebam. Astronavti ocenijo senzorične lastnosti živil z uporabo ocenjevalne letvice, kjer živila točkujejo od 1 do 9, pri čemer je 9 najboljša. Da neko živilo vključijo v astronautov prehranski paket, ki ga bo vzel s sabo v vesolje, mora dobiti oceno vsaj 6. To je zelo pomembno, saj bi neprimerna hrana lahko povzročila manjše uživanje in posledično negativno vplivala na posadkino tako psihično kot fizično zdravje. Vse to pa bi vodilo k slabši storilnosti pri nalogah, ki jih imajo (Kerwin, 2002; Smith in sod., 2005).



Slika 8: Sestanek strokovnjakov za razvoj astronautske hrane (NASA, 2015)



Slika 9: Pakiranje zelenjave (NASA, 2015)

4.6.1 Vpliv procesiranja živil in dolgotrajnejšega shranjevanja na hranilno vrednost

Znano je, da se pri visokem segrevanju, oksidaciji in svetlobni izpostavljenosti hranilna vrednost nekaterih živil spremeni. Ekipa v laboratoriju procesirana živila testira in preveri, kakšna je njihova nova hranilna vrednost. Preden gre hrana lahko v vesolje, mora biti prej vsaj 3 leta testirana pri 40 °C (kontrola), 72 °C (temperatura pri kateri je dejansko shranjena vesoljska hrana) in pri 95 °C (povišana temperatura). Primer živil, ki niso primerna, so vsi jajčni proizvodi. Na podlagi tega je bila narejena tabela roka uporabnosti živil. Mesni proizvodi in druge predjedi ohranijo senzorično kakovost več kot 3 leta, sadje in sladice od 1,5 do 5 let, škrobnata živila in zelenjava pa od 1 do 4 leta. Na splošno, približno 10 % termostabiliziranih živil ima rok uporabnosti 5 let in več,

približno 45 % pa več kot 3 leta. Spremlja se tudi spreminjanje hranilne vrednosti v času. Ugotovili so razgradnjo nekaterih bolj občutljivih vitaminov. Očitno je bilo zmanjšanje folne kisline, vitamina B in vitamina C. Te spremembe vplivajo tudi na spremembe okusa in barve (Kerwin, 2002; NASA, 2015).

Največje sevanje je prisotno skozi nizko Zemeljsko orbito in ravno to lahko najbolj poškoduje vsebino in sprejemljivost hrane (Kerwin, 2002).

4.7 V vesolju

Največjo težavo glede prehranjevanja v vesolju, ki je prikazano na sliki 11, predstavlja breztežnost, saj astronauti lahko nehote izpustijo kose hrane, ki nato prosto lebdi po vesoljskem plovilu (ESA, 2008a).

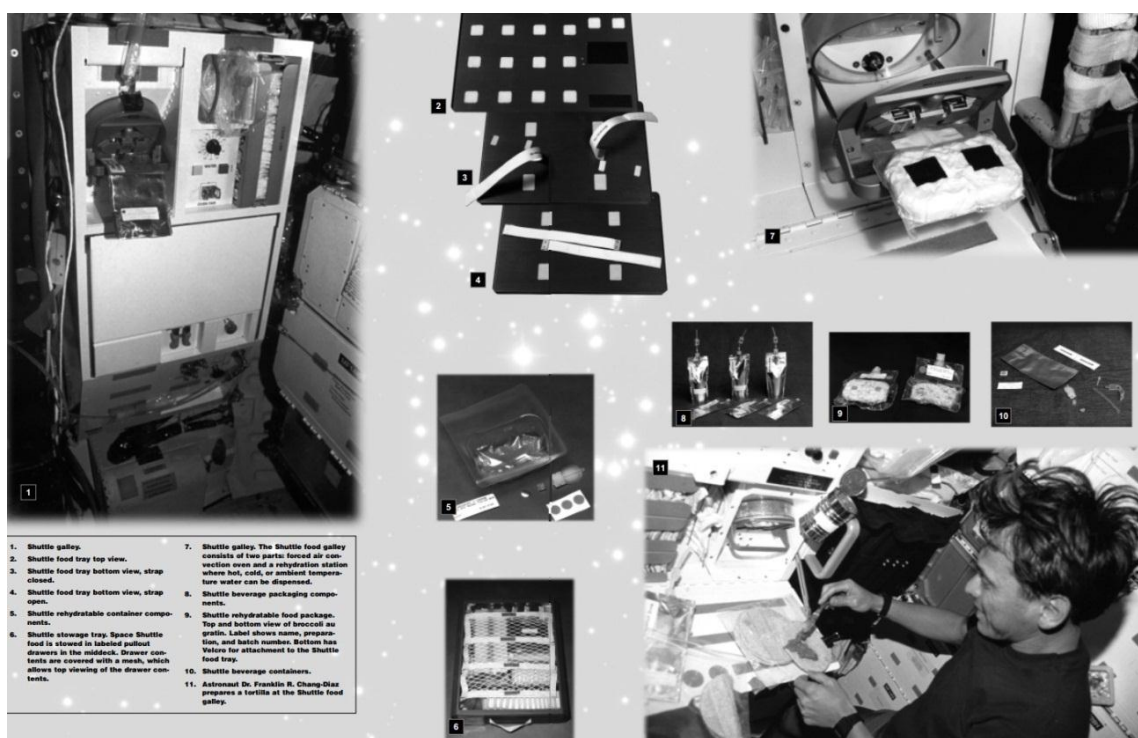
Vesoljska postaja ima kuhinjo, ki je opremljena s predelki za shranjevanje, grelniki hrane, območjem za pripravljanje hrane, mizo z držali, da astronauti med obedom ne lebdi naokoli in kovinskimi pladnji, ki preprečujejo hrani, da bi letela naokoli. Omenjeni pripomočki so prikazani na sliki 12. Pladenj, ki je prikazan na sliki 10, si astronaut lahko pripne okoli svoje noge s pasovi, ki so nameščeni ravno za ta namen. Vsak pladenj je opremljen še z nožem, vilicami, žlico in škarjami. Eden izmed najpomembnejših pripomočkov v njihovem paketu so škarje, s katerimi se odpre embalaža (NASA, 1999; ESA, 2008a).



Slika 10: Kovinski pladenj s priborom in hrano (NASA, 2015)



Slika 11: Astronavti med jedjo (NASA, 2015)



Slika 12: Kuhinja na vesoljskem plovilu (1: rehidracijski del kuhinje; 2, 3 in 4: pladenj; 5: rehidracijske komponente; 6: zabojnik za shranjevanje s predelki; 7: del kuhinje s konvekcijsko pečjo; 8: napitki; 9: paket s hrano, ki jo je potrebno rehidrirati; 10: embalažo za napitke; 11: astronauta pri pripravi jedi) (NASA, 1999)

Prehrana astronautov je skrbno kontrolirana tudi v času v vesolju, in sicer s strani vesoljskega zdravnika (ESA, 2008a). Temelj vsake prehranske meritve in posledično prehranske ocene je telesna masa. V breztežnosti jo izmerimo s pomočjo posebne strojne opreme, tako imenovane naprave za merjenje mase (SLAMMD). Za meritev uporablja drugi Newtonov zakon o gibanju (sila = masa x pospešek; torej je masa = sila : pospešek). Silo določijo s pomočjo omenjene naprave, in sicer s pomočjo raztezka

dveh vzmeti, ki sta vgrajeni v napravo (raztezek pove za koliko razširimo vzmeti ob določeni sili). Pospešek določimo z natančnim optičnim instrumentom, ki zazna pozicijo predmeta v odvisnosti od časovne trajektorije (predvidena oz. lahko tudi dejanska pot gibanja) SLAMMD gibljive roke in mikrokontrolerja, ki vse skupaj računa. Naprava lahko izračuna maso med 43 in 108 kg (NASA, 2014).

4.8 Prazniki

Za praznike, kot je na primer rojstni dan, zahvalni dan ali novo leto, so obroki prilagojeni prazničnim jedem. Za zahvalni dan imajo za večerjo purana, bučno pito in druge značilne jedi. Prav tako jim ne manjka alkohola ter sladice. Astronavti so izjavili, da niso razočarani, ker ne morejo biti z domačimi za praznike, saj če ne morejo biti s svojci, je vesolje takoj naslednji prostor, kjer bi radi bili (Kramer, 2013).

4.9 Prihodnost

Problem nastane pri misijah, ki bodo trajale dlje kot 3 leta. V tem primeru bi ekipa potrebovala zaloge več ton hrane in vode, vesoljska ladja pa sprejme le nekaj ton zaloge. Edini praktični način je ta, da bi hrano pridelovali v vesolju. Tako so znanstveniki razvili zaprt regenerativni sistem, v smislu uporabe odpada, ki ga proizvede posadka (fekalni odpadki, urin). Le-tega razgradijo in regenerirajo vodo, zrak ter proizvedejo hrano. Vprašanje, s katerim se trenutno ukvarjajo strokovnjaki v laboratoriju za prehrano astronautov, je kako na Marsu pridelati 40 % hrane. S tem bi zagotovili 100 % kisika in 100 % vode, ki jo posadka potrebuje. Problem je določiti katera hrana bi bila lahko gojena v vesolju (NASA, 1999; ESA, 2008a).

5 RAZPRAVA

Ključno raziskovalno vprašanje, ki smo si ga zastavili pred začetkom pisanja zaključne projektne naloge je, ali se prehrana v vesolju razlikuje od prehrane na Zemlji in kako. Ob koncu naloge smo ugotovili, da se v nekaterih pogledih razlikuje, v nekaterih pa so enakosti. Tako kot na Zemlji, je tudi v vesolju astronautovo preživetje odvisno od hrane. Prav tako morajo astronauti za ohranjanje telesne mase zaužiti določeno količino hrane, ki bo pokrila ustrezno energijsko potrebo. Astronauti bodo dovolj zaužili le, če bo hrana dovolj okusna. Hrana in prehranjevanje imata pomembno vlogo pri medsebojnem druženju astronautov (ESA, 2007).

Razlike se opazijo že pri sami pripravi hrane, ki je namenjena prehrani v vesolju. Strokovnjaki za vesoljsko prehrano morajo vnaprej predvideti jedilnik astronauta čez celotno misijo v vesolju. Upoštevati morajo številne kriterije: fiziološka ustreznost, hranilna ustreznost, lahka prebavljivost, okusnost ipd. Paziti morajo, da bo izbrana živila možno uporabljati v breztežnostnem prostoru. To pomeni, da morajo biti lahka, dobro zapakirana, z možnostjo hitrega serviranja, pustiti pa morajo čim manj odpada. Glavna razlika med vesoljsko prehrano in prehrano na Zemlji so metode pakiranja. Hrana mora biti ustrezno zapakirana, da ne leti prosto po postaji. Poleg tega je še predelana v praške in zapakirana v stisljive posode. Te praške astronauti tik pred jedjo rehidrirajo z dodajanjem vode. Primer slabe izbire živila so gazirane pijače, ki zaradi vsebnosti plinov povzročajo astronautu težave. Ali pa vlaknine, katerih vsebnost v astronautski prehrani mora biti čim manjša, za razliko od jedilnika osebe na Zemlji, v katerem se priporoča visoka vsebnost vlaknin. Slaba izbira so tudi jajčni proizvodi, ki ne zdržijo sevanja pri prehodu čez orbite. (NASA, 1999; Kerwin, 2002; ESA, 2008a; ESA, 2008b; NASA, 2015).

Razlike najdemo tudi med načinom hranjenja. Miza je opremljena z držali, ki preprečujejo, da bi astronaut med hranjenjem prosto lebdel naokoli po postaji, ter kovinskimi pladnji, ki obdržijo hrano na mestu (NASA, 1999; ESA, 2008a). Razlike najdemo še v procesu prebave astronautov, na katerega vpliva breztežnost, in sicer v obliki zaprtja, prebavnih težav in pomanjkanja apetita. Breztežnost vpliva tudi na izgubo kostne mase, pomanjkanje vitamina D, oksidativne poškodbe, spremembe vida (vzrok: izguba tekočin, povišan pritisk v glavi), spremembe homeostaze železa, spremembe okusa in vonja ter poškodbe DNK. (NASA, 1999; Smith in sod., 2005; ESA, 2008a; Berdanier in sod., 2014).

Kot je na Zemlji priporočeno, da smo telesno aktivni, je za astronave v vesolju to obvezno, saj se s tem zmanjša mišična atrofija (Smith in sod., 2012).

Prehranski status astronautov je skrbno nadzorovan s strani zdravnika. To je zadnja izmed razlik, ki sem jih ugotovila skozi zaključno projektno nalogo, saj oseba na Zemlji takega nadzora nima (ESA, 2008a).

6 ZAKLJUČEK

Po pregledu literature lahko ugotovimo, da bi kakršnakoli napaka pri načrtovanju prehrane astronautov lahko ogrozila njihovo zdravje in vplivala na slabšo delovno storilnost. Potrebna sta izkušena ekipa znanstvenih delavcev in laboratorij, v katerem poskrbijo za ustrezno določitev prehranskih potreb posameznega astronauta, mu sestavijo paket s hrano, ga spremljajo na misiji v vesolju in ocenijo njegov status po prihodu nazaj na Zemljo. Ugotovimo lahko tudi, da se astronautska prehrana v nekaterih pogledih razlikuje od prehrane na Zemlji. Predvsem je razlika opazna v samem pakiranju in shranjevanju hrane. Biti mora lahka, dobro zapakirana, mora se jo dati hitro servirati, ne sme zahtevati veliko čiščenja in ne sme pustiti veliko odpadka. Poleg tega se drugače presnavljajo tudi nekateri vitamini in minerali v telesu. To so vitamin D, B6 in B12 ter železo, kalcij in natrij. V vesolju se spremenita še tekočinska in elektrolitska homeostaza.

Torej se prehrana astronautov močno razlikuje od prehrane na Zemlji. Glavni vzrok za to je breztežnost.

V prihodnosti organizacije za raziskovanje vesolja načrtujejo še zahtevnejše in dolgotrajnejše misije od zdajšnjih. Za te misije bodo potrebni napredni prehranski sistemi. Takšni, ki bodo astronautom omogočali življenje v vesolju tudi do dveh let in pol, kolikor je predviden čas za misijo na Marsu. Zrak in voda sta lahko reciklirana in ponovno uporabljena, vendar hrana ne. Možno je, da bi bila manjša količina hrane, kot sta na primer solata ali paradižnik, pridelana v vesoljski postaji, vendar brez gravitacije je obsežnejši pridelek nemogoč. Zatorej je sprejeto dejstvo, da se hrane ne bo moglo pridelati, pač pa jo bodo mogli astronauti vzeti s sabo na začetku misije. To pa je nov izziv za ekipo, ki se ukvarja z vesoljsko prehrano.

7 VIRI

- BERDANIER, C., DWYER, J., HEBER, D., 2014. *Handbook of Nutrition and Food*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, str. 381 - 402.
- ESA, 2007. Feeding our future: Nutrition on Earth and in Space – Lesson notes [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Education/Feeding_our_future_nutrition_on_Earth_and_in_space2
- ESA, 2008a. Feeding our future – Nutrition on Earth and in space [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na http://www.esa.int/Education/Feeding_our_future_nutrition_on_Earth_and_in_space
- ESA, 2008b. Nutrition [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na <https://www.zotero.org/skranjec/items/action/newItem/collectionKey/BS46MHM6/itemType/webpage/mode/edit>
- KERWIN, J., SEDDON, R., 2002. Eating in space - From an astronaut's perspective. *Nutrition*, letn. 10, št. 18, str. 921 - 925.
- KRAMER, M., 2013. Thanksgiving in Space: How to Cook a Zero-G Turkey Dinner [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na <http://www.space.com/23768-space-station-thanksgiving-food.html>
- LANE, H.W., FEEBACK, D.L., 2002. History of nutrition in space flight: Overview. *Nutrition*, letn. 10, št. 18, str. 797 - 804.
- NASA., 1999. An Educator's Guide With Activities in Science and Mathematics. *Space food and nutrition*, letn. 2, št. 115., str. 1 - 13.
- NASA, 2013. Space Food Systems Laboratory (SFSL) [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na <http://www.nasa.gov/centers/johnson/slsd/about/divisions/hefd/facilities/space-food.html>
- NASA, 2014. Space Linear Acceleration Mass Measurement Device (SLAMMD) [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/640.html
- NASA, 2015. Advanced Food Technology Project [spletni vir]. [Datum dostopa 5. 3. 2015]. Dostopno na <http://www.nasa.gov/centers/johnson/slsd/about/divisions/hefd/project/advanced-foods.html>
- SMITH, S., HEER, M., SHACKELFORD, L., SIBONGA, J., PLOUTZ-SNYDER, L., ZWART, S., 2012. Benefits for bone from resistance exercise and nutrition in long-duration spaceflight: Evidence from biochemistry and densitometry. *Journal of Bone and Mineral Research*, letn. 9, št. 27, str. 1896 – 1906.
- SMITH, S., ZWART, S., BLOCK, G., RICE, B., DAVIS-STREET, J., 2005. The Nutritional Status of Astronauts Is Altered after Long-Term Space Flight Aboard the International Space Station. *J. Nutr.*, letn. 3, št. 135, str. 437 – 443.

POVZETEK

Astronavtom, ki gredo na misijo v vesolje, se mora zagotoviti uravnotežena prehrana, saj se od njih zahteva maksimalne delovne učinke v pravzaprav najbolj neprijaznem okolju, v katerem lahko človek preživi. Njihova prehrana mora zadostiti zahtevam uravnotežene prehrane, hkrati pa mora biti še enostavna in varna za shranjevanje, pripravo in uživanje v breztežnostnem okolju vesolja. V ta namen je bila razvita vrsta živil, posebno ustvarjenih in predelanih za namen prehranjevanja astronautov v vesolju, imenovana astronautska hrana. Razvijajo jo v laboratoriju za astronautsko prehrano. Med misijo strokovnjaki spremljajo prehranski status astronautov. Med glavne skrbi, kar se prehranskega statusa tiče med vesoljskim poletom, sodijo izguba kostne mase, pomanjkanje vitamina D in oksidativne poškodbe. Odsotnost gravitacije povzroča mišično atrofijo, katero astronauti preprečujejo s telesno aktivnostjo, ki jim je predpisana pred odhodom na misijo. Astronavtom največjo težavo pri pripravi hrane in prehranjevanju predstavlja breztežnost. V pomoč so jim kuhinja ter pladnji s priborom, prilagojeni za uporabo v breztežnosti. K razlikam med astronautsko prehrano in prehrano na Zemlji, med katere sodijo priprava hrane, način hranjenja, presnova, telesna aktivnost in skrbna kontrola prehranskega statusa, sodijo še razlike v metodah pakiranja, kar je tudi največja razlika.

Ključne besede: Uravnotežena prehrana, astronauti, vesolje, astronautska prehrana

SUMMARY

To astronauts, whom are going on a mission to space, a balanced diet needs to be assured, because the expectations demand maximum working effect, and it is actually one of the least friendly environments known to mankind. Their diet must meet the requirements of balanced diet, at the same time it has to be simple and safe for storage, preparation and eating in gravity-free environment of space.

For this purpose they developed a range of foods, especially created and processed for the purpose of feeding the astronauts in space, called astronaut food.

It is developed in laboratories for astronaut food. During the mission, specialists keep track of astronauts' diet. The main concern food wise, during the mission is loss of bone mass, vitamin D and oxidative damage. Lack of gravitation causes muscular atrophy, which astronauts prevent with physical activity; it is required before the mission.

When it comes to the food preparation, the biggest issue for the astronauts is the fact there's no gravity. For food preparation they can use, for gravity-free environment, customized kitchen and plates with silverware.

The differences between the astronaut food and food on Earth includes food preparation, eating, digestion, physical activity and diet control. The main difference shows in the food packaging methods.

Summary words: Balanced diet, astronauts, space, astronaut food

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, viš. pred. Mojci Bizjak, univ. dipl. inž. živ. teh., za vodenje in pomoč pri izdelavi zaključne projektne naloge.

Zahvaljujem se tudi go. Ivi Srebotnjak, za lektoriranje.

Prav tako se zahvaljujem moji družini za spodbudo in podporo med pisanjem naloge, ter prijateljem, še posebej Petru Jantolu in Urošu Radosavljeviču, za pomoč in nasvete.